

PCT

ORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

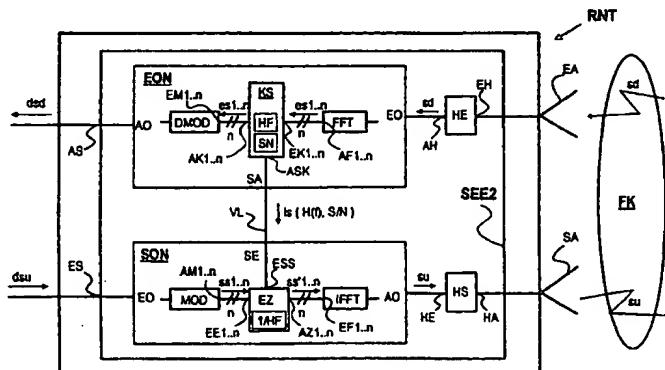
RHT

|   |    |   |
|---|----|---|
| (51) Internationale Patentklassifikation <sup>7</sup> :<br><br>H04B 17/00, H04L 27/26 | A1 | (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/36769<br><br>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 22. Juni 2000 (22.06.00) |
|---|----|---|

|  |   |
|--|---|
| (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/03865<br><br>(22) Internationales Anmeldedatum: 2. Dezember 1999 (02.12.99)<br><br>(30) Prioritätsdaten:<br>198 57 821.0 15. Dezember 1998 (15.12.98) DE<br><br>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).<br><br>(72) Erfinder; und<br>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ZIRWAS, Wolfgang [DE/DE]; Mittenwalder Str. 136, D-82194 Gröbenzell (DE).<br><br>(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE). | (81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).<br><br>Veröffentlicht<br><i>Mit internationalem Recherchenbericht.<br/>Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i> |
|--|---|

(54) Title: METHOD AND COMMUNICATIONS ASSEMBLY FOR TRANSFERRING INFORMATION BY USING A MULTI-CARRIER METHOD

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND KOMMUNIKATIONSANORDNUNG ZUR ÜBERMITTLUNG VON INFORMATIONEN MIT HILFE EINES MULTITRÄGERVERFAHRENS



## (57) Abstract

For the purpose of transferring information using a sender signal (su) having several frequency-specific subcarriers from a first unit (RNT) to a second unit (BS) via a transfer medium (FK), in the first unit (RNT) the frequency-specific transfer properties of the transfer medium (FK) are detected and then the subcarriers of the sender signal (su) are adapted to the detected transfer properties. According to the invention, all subcarriers of the sender signal (su) can be modulated with the same modulation stage number, thereby achieving a maximum exploitation of the transfer resources of the transfer medium (FK).

### (57) Zusammenfassung

Für das Übermitteln von Informationen mit Hilfe eines mehrere frequenzspezifische Subträger aufweisenden Sendesignals (su) von einer ersten Einheit (RNT) über ein Übertragungsmedium (FK) an eine zweite Einheit (BS), werden in der ersten Einheit (RNT) die frequenzselektiven Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums (FK) ermittelt und anschliessend die Subträger des Sendesignals (su) an die ermittelten Übertragungseigenschaften angepasst. Vorteilhaft sind alle Subträger des Sendesignals (su) mit der gleichen Modulations-Stufenzahl modulierbar, wodurch eine maximale Nutzung der Übertragungsressourcen des Übertragungsmediums (FK) erreicht wird.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

|    |                              |    |                                   |    |   |    |                                |
|----|------------------------------|----|-----------------------------------|----|---|----|--------------------------------|
| AL | Albanien                     | ES | Spanien                           | LS | Lesotho   | SI | Slowenien                      |
| AM | Amenien                      | FI | Finnland                          | LT | Litauen   | SK | Slowakei                       |
| AT | Österreich                   | FR | Frankreich                        | LU | Luxemburg                                       | SN | Senegal                        |
| AU | Australien                   | GA | Gabun                             | LV | Lettland  | SZ | Swasiland                      |
| AZ | Aserbaidschan                | GB | Vereinigtes Königreich            | MC | Monaco  | TD | Tschad                         |
| BA | Bosnien-Herzegowina          | GE | Georgien                          | MD | Republik Moldau                                 | TG | Togo                           |
| BB | Barbados                     | GH | Ghana                             | MG | Madagaskar                                      | TJ | Tadschikistan                  |
| BE | Belgien                      | GN | Guinea                            | MK | Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien | TM | Turkmenistan                   |
| BF | Burkina Faso                 | GR | Griechenland                      | ML | Mali  | TR | Türkei                         |
| BG | Bulgarien                    | HU | Ungarn                            | MN | Mongolei  | TT | Trinidad und Tobago            |
| BJ | Benin                        | IE | Irland                            | MR | Mauretanien                                     | UA | Ukraine                        |
| BR | Brasilien                    | IL | Israel                            | MW | Malawi  | UG | Uganda                         |
| BY | Belarus                      | IS | Island                            | MX | Mexiko  | US | Vereinigte Staaten von Amerika |
| CA | Kanada                       | IT | Italien                           | NE | Niger   | UZ | Usbekistan                     |
| CF | Zentralafrikanische Republik | JP | Japan                             | NL | Niederlande                                     | VN | Vietnam                        |
| CG | Kongo                        | KE | Kenia                             | NO | Norwegen  | YU | Jugoslawien                    |
| CH | Schweiz                      | KG | Kirgisistan                       | NZ | Neuseeland                                      | ZW | Zimbabwe                       |
| CI | Côte d'Ivoire                | KP | Demokratische Volksrepublik Korea | PL | Polen   |    |                                |
| CM | Kamerun                      | KR | Republik Korea                    | PT | Portugal  |    |                                |
| CN | China                        | KZ | Kasachstan                        | RO | Rumänien  |    |                                |
| CU | Kuba                         | LC | St. Lucia                         | RU | Russische Föderation                            |    |                                |
| CZ | Tschechische Republik        | LI | Liechtenstein                     | SD | Sudan   |    |                                |
| DE | Deutschland                  | LK | Sri Lanka                         | SE | Schweden  |    |                                |
| DK | Dänemark                     | LR | Liberia                           | SG | Singapur  |    |                                |

## Beschreibung

Verfahren und Kommunikationsanordnung zur Übermittlung von Informationen mit Hilfe eines Multiträgerverfahrens.

5

Bei drahtlosen, auf Funkkanälen basierenden Kommunikationsnetzen, insbesondere bei Punkt-zu-Multipunkt Funk-Zubringernetzen - auch als "Radio In The Local Loop" bzw. "RLL" bezeichnet - sind mehrere Netzabschlußeinheiten jeweils über einen oder mehrere Funkkanäle an eine Basisstation - auch als "Radio Base Station" bzw. "RBS" bezeichnet - angeschlossen.

10 Im telcom report Nr. 18 (1995), Heft 1 "Drahtlos zum Freizeichen", Seite 36, 37 ist beispielsweise ein drahtloses Zubringernetz für die drahtlose Sprach- und Datenkommunikation beschrieben. Das beschriebene Kommunikationssystem stellt einen RLL-Teilnehmeranschluß in Kombination mit moderner Breitband-Infrastruktur - z.B. "Fiber to the curb" - dar, welches in kurzer Zeit und ohne größeren Aufwand anstelle der Verlegung von drahtgebundenen Anschlußleitungen realisierbar ist. Die 15 einzelnen Teilnehmern zugeordneten Netzabschlußeinheiten RNT sind über das Übertragungsmedium "Funkkanal" und die Basisstation RBS an ein übergeordnetes Kommunikationsnetz, beispielsweise an das ISDN-orientierte Festnetz, angeschlossen.

20 Durch die zunehmende Verbreitung von Multimedia-Anwendungen müssen hochbitratige Datenströme schnell und sicher über Kommunikationsnetze, insbesondere über drahtlose Kommunikationsnetze bzw. über Mobilfunksysteme übertragen werden, wobei hohe Anforderungen an die Funkübertragungssysteme, welche auf 25 einem störanfälligen und hinsichtlich der Übertragungsqualität schwer einzuschätzenden Übertragungsmedium "Funkkanal" basieren, gestellt werden. Ein Übertragungsverfahren zur Übertragung von breitbandigen Datenströmen - z.B. von Videodatenströmen - stellt beispielsweise das auf einem sogenannten Multiträgerverfahren basierende OFDM-Übertragungsverfahren - auch als Orthogonal Frequency Division Multiplexing OFDM bezeichnet - dar. Bei der OFDM-Übertragungstechnik wer-

den die zu übermittelnden Informationen bzw. wird der zu übermittelnde Datenstrom innerhalb des Funkkanals auf mehrere Subkanäle bzw. Subträger aufgeteilt bzw. parallelisiert, wobei die zu übermittelnden Informationen jeweils mit einer relativ geringen Datenrate, jedoch in additiv überlagerter Form parallel übertragen werden. Die OFDM-Übertragungstechnik wird beispielsweise beim Digitalen Terrestrischen Rundfunk - auch als Digital Audio Broadcasting DAB bezeichnet - und für das Digitale Terrestrische Fernsehen - auch als Digital Terrestrial Video Broadcasting DTVB bezeichnet - eingesetzt.

In der Druckschrift "Mitteilungen der TU-Braunschweig, Mobilfunktechnik für Multimedia-Anwendungen", Professor H. Rohling, Jahrgang XXXI, Heft 1-1996 ist in Abbildung 6, Seite 46 das OFDM-Übertragungsverfahren näher beschrieben. Hierbei wird ausgehend von einem seriellen Datenstrom im Sender für die Modulation der beispielsweise  $n$  Subträger eine Seriell/Parallelwandlung durchgeführt, wobei für den zeitlich  $i$ -ten OFDM-Block mit der Blocklänge  $T'$  und dem  $j$ -ten Subträger jeweils ein binäres Codewort mit der Wortbreite  $k$  - die Wortbreite  $k$  ist vom eingesetzten Modulationsverfahren abhängig - gebildet wird. Aus den gebildeten Codewörtern werden mit Hilfe eines senderspezifischen Modulationsverfahrens die entsprechenden komplexen Modulationssymbole - im folgenden auch als Sendesymbole bezeichnet - gebildet, wobei zu jedem Zeitpunkt  $i$  jedem der  $k$  Subträger ein Sendesymbol zugeordnet ist. Der Abstand der einzelnen Subträger ist durch  $\Delta f = 1/T'$  festgelegt, wodurch die Orthogonalität der einzelnen Subträgersignale im Nutzintervall  $[0, T']$  garantiert wird. Durch Multiplikation der Schwingungen der einzelnen Subträger mit den entsprechenden Modulationssymbolen bzw. Sendesymbolen und der anschließenden Addition der gebildeten Modulationsprodukte wird das entsprechende zeitdiskrete Sendesignal für den zeitlich  $i$ -ten OFDM-Block erzeugt. Dieses Sendesignal wird in abgetasteter, d.h. zeitdiskreter Form durch eine Inverse, Discrete Fourier-Transformation - IDFT - direkt aus den Modulationssymbolen bzw. Sendesymbolen der einzelnen betrachteten

Subträger berechnet. Zur Minimierung von Intersymbol-Interferenzen wird jedem OFDM-Block im Zeitbereich ein Guard-Intervall  $T_G$  vorangestellt, was einer Verlängerung des zeitdiskreten OFDM-Signals im Intervall  $[-T_G, 0]$  bewirkt - vergleiche "Mitteilungen der TU-Braunschweig, Mobilfunktechnik für Multimedia-Anwendungen", Abbildung 7. Das eingefügte Guard-Intervall  $T_G$  entspricht vorteilhaft der maximal auftretenden Laufzeitdifferenz zwischen den einzelnen bei der Funkübertragung entstehenden Ausbreitungspfaden. Durch das 10 empfängerseitige Entfernen des hinzugefügten Guard-Intervalls  $T_G$  wird beispielsweise eine Störung des  $i$ -ten OFDM-Blocks durch das zeitlich benachbarte OFDM-Signal zum Zeitpunkt  $i-1$  vermieden, so daß im Intervall  $[0, T']$  das Sendesignal über sämtliche Umwegpfade empfangen wird und die Orthogonalität 15 zwischen den Subträgern im vollen Maße im Empfänger erhalten bleibt. Bei einer großen Anzahl von Subträgern - beispielsweise  $n = 256$  Subträger - und entsprechend langen Symboldauern  $T = T' + T_G$  ist die Dauer  $T_G$  klein gegenüber  $T$ , so daß die Einfügung des Guard-Intervalls die Bandbreite ef- 20 fizient nicht wesentlich beeinträchtigt und ein nur geringer Overhead entsteht. Nach Abtastung des am Eingang des Empfängers empfangenen Sendesignals im Basisband - durch einen A/D-Wandler - und nach Extraktion des Nutzintervalls - d.h. nach Beseitigung des Guard-Intervalls  $T_G$  - wird mit Hilfe einer 25 Diskreten Fourier-Transformation - DFT - das empfangene Sendesignal in den Frequenzbereich transformiert, d.h. es werden die empfangenen Modulationssymbole bzw. die empfangenen Empfangssymbole bestimmt. Aus den bestimmten Empfangssymbolen werden mittels eines geeigneten Demodulationsverfahrens die 30 entsprechenden Empfangs-Codewörter erzeugt und aus diesen wird durch Parallel/Seriell-Wandlung der empfangene, serielle Datenstrom gebildet. Durch die Vermeidung von Intersymbol-Interferenzen bei OFDM-Übertragungsverfahren wird der Rechenaufwand im jeweiligen Empfänger erheblich reduziert, wodurch 35 die OFDM-Übertragungstechnik beispielsweise für die terrestrische Übertragung digitaler Fernsehsignale eingesetzt wird - beispielsweise zur Übertragung von breitbandigen Da-

tenströmen mit einer Übertragungsrate von 34 MBit/s pro Funkkanal.

Für die Übermittlung des mit Hilfe des OFDM-Übertragungsverfahrens zu übermittelnden, seriellen Datenstromes werden absolute bzw. differentielle Modulationsverfahren sowie entsprechende kohärente bzw. inkohärente Demodulationsverfahren eingesetzt. Obwohl bei der Übermittlung des gebildeten Sendesignals über das Übertragungsmedium "Funkkanal" die Orthogonalität der Subträger durch den Einsatz des OFDM-Übertragungsverfahrens im vollen Umfang erhalten bleibt, werden durch die Übertragungseigenschaften des Funkkanals die übertragenen, frequenzdiskreten, bzw. frequenzselektiven Sendesymbole sowohl in der Phase als auch in der Amplitude verändert. Der Amplituden- und Phaseneinfluß des Funkkanals erfolgt subträgerspezifisch auf den einzelnen jeweils sehr schmalbandigen Subträgern; zudem überlagern Rauschsignale additiv das übertragene Nutzsignal. Bei Einsatz von kohärenten Demodulationsverfahren ist eine Kanalschätzung erforderlich, die je nach Qualitätsanforderungen auf einen erheblichen technischen und wirtschaftlichen Realisierungsaufwand beruhen und zudem die Leistungsfähigkeit des Übertragungssystems vermindern. Vorteilhaft werden differentielle Modulationsverfahren sowie entsprechende inkohärente Demodulationsverfahren eingesetzt, bei denen auf eine aufwendige Funkkanalschätzung verzichtet werden kann. Bei differentiellen Modulationsverfahren werden die zu übermittelnden Informationen nicht durch Auswahl der Modulationssymbole bzw. der frequenzdiskreten Sendesymbole direkt übertragen, sondern durch Änderung der zeitlich benachbarten, frequenzdiskreten Sendesymbole auf demselben Subträger. Beispiele für differentielle Modulationsverfahren sind die 64-stufige 64-DPSK - Differential Phase Shift Keying - sowie die 64-DAPS - Differential Amplitude and Phase Shift Keying. Bei der 64-DAPS werden sowohl die Amplitude als auch gleichzeitig die Phase differentiell moduliert.

Bei großen Laufzeitunterschieden zwischen den einzelnen Signalfäden, d.h. bei starker Mehrwegeausbreitung, können unterschiedliche, übertragungskanalbedingte Dämpfungen zwischen den einzelnen empfangenen Subträgern mit Dämpfungsunterschieden bis zu 20 dB und mehr auftreten. Die empfangenen, hohe Dämpfungswerte aufweisenden Subträger, bzw. die Subträger mit kleinen S/N-Werten - auch als Signalleistung-zu-Rauschleistung-Verhältnis bezeichnet - weisen eine sehr große Symbolfehlerrate auf, wodurch die Gesamt-Bitfehlerrate über alle Subträger erheblich steigt. Es ist bereits bekannt, bei mit Hilfe von kohärenten Modulationsverfahren modulierten Subträgern, die durch die frequenzselektiven Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums - auch als Übertragungsfunktion  $H(f)$  bezeichnet - verursachten Dämpfungsverluste, empfangsseitig mit Hilfe der inversen Übertragungsfunktion - auch als  $1/H(f)$  bezeichnet - zu korrigieren, wobei die frequenzselektiven Dämpfungsverluste beispielsweise durch Auswertung von übermittelten, jeweils bestimmten Subträgern zu geordneten Referenz-Pilottonen ermittelt werden. Durch dieses Verfahren zur empfangsseitigen Entzerrung des Übertragungskanals wird jedoch eine starke Rauschanhebung bei den Subträgern mit geringen S/N-Werten verursacht. Die durch die Rauschanhebung verursachte Bitfehlerrate bei Subträgern mit kleinen S/N-Werten kann auch durch die Einführung einer Kanalcodierung nicht verbessert werden, so daß die über alle Subträger hinweg mögliche Gesamt-Übertragungskanalkapazität des frequenzselektiven Übertragungsmediums trotz empfangsseitiger Entzerrung des Übertragungskanals nicht erreicht wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei der Übermittlung von Informationen über ein frequenzselektive Übertragungseigenschaften aufweisendes Übertragungsmedium eine maximale Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Übertragungsressourcen des Übertragungsmediums zu erreichen. Insbesondere soll bei Einsatz eines Multiträgerverfahrens eine maximale Ausnutzung der Übertragungsressourcen aller Mehrwegekomponenten bzw. Subträger erreicht werden. Die Aufgabe wird ausge-

hend von einem Verfahren und einer Kommunikationsanordnung gemäß den Merkmalen des Oberbegriffs der Patentansprüche 1 und 20 durch deren kennzeichnende Merkmale gelöst.

5 Beim erfindungsgemäßen Verfahren zum Übermitteln von Informationen über ein bestimmte Übertragungseigenschaften aufweisendes Übertragungsmedium mit Hilfe eines Multiträgerverfahrens werden die zu übermittelnden Informationen durch ein mehrere frequenzspezifische Subträger aufweisendes Sendesignal 10 über das Übertragungsmedium an eine zweite Einheit übermittelt. Der wesentliche Aspekt des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß in der ersten Einheit frequenzselektive Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums ermittelt werden, und anschließend die frequenzspezifischen Subträger 15 des Sendesignals an die ermittelten, frequenzselektiven Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums angepaßt werden.

20 Der wesentliche Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß durch die sendeseitige Kanalentzerrung bzw. sendeseitige Anpassung der frequenzspezifischen Subträger des auszusendenden Sendesignals an die ermittelten frequenzselektiven Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums alle Subträger des über das Übertragungsmedium übermittelten 25 Sendesignals bei Eingang an der zweiten Einheit die gleichen Empfangspegel bzw. Signal-Amplitudenwerte und somit die gleichen Signalleistung-zu-Rauschleistung-Verhältnisse S/N aufweisen. Folglich sind alle Subträger des Sendesignals sendeseitig mit der gleichen Modulations-Stufenzahl modulierbar, 30 so daß eine maximale Ausnutzung der Übertragungsressourcen der einzelnen Subträger des Sendesignals und somit eine maximale Ausnutzung der Übertragungsressourcen des Übertragungsmediums erreicht wird. Durch die Modulation der Subträger des Sendesignals mit der gleichen Modulations-Stufenzahl wird der 35 Aufwand für die Steuerung der Modulation bzw. Demodulation und insbesondere der Overhead bei der Übermittlung der Modulations- und Demodulations-Steuerinformationen - beispiels-

weise über einen separaten Steuerkanal des Übertragungsmediums - minimiert. Vorteilhaft wird durch die erfindungsgemäße, sendeseitige frequenzselektive Kanalentzerrung die üblicherweise bei einer empfangsseitigen Kanalentzerrung verursachte und mit einer Steigerung der Bitfehlerwahrscheinlichkeit verbundene Erhöhung des Pegels des Rauschsignals vermieden.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden in der zweiten Einheit die frequenzselektiven Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums ermittelt und frequenzspezifische Subträger eines weiteren mit Hilfe eines Multiträgerverfahrens gebildeten und von der zweiten an die erste Einheit übermittelten Sendesignals an die ermittelten, frequenzselektiven Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums angepaßt - Anspruch 2. Durch die Ermittlung des frequenzselektiven Übertragungseigenschaften sowohl in der ersten als auch in der zweiten Einheit ist vorteilhaft die sendeseitige Kanalentzerrung des Sendesignals sowohl in Downstream- als auch in Upstream-Richtung realisierbar, wodurch die Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Übertragungsressourcen des zwischen der ersten und der zweiten Einheit angeordneten Übertragungsmediums weiter verbessert wird.

Vorteilhaft werden die frequenzselektiven Übertragungseigenschaften mit Hilfe des über das Übertragungsmedium an die erste bzw. zweiten Einheit übermittelten Sendesignals ermittelt, wobei zumindest ein Subträger des Sendesignals zur Übermittlung zumindest eines Pilotsignals genutzt wird - Anspruch 6. Durch die Übermittlung und die empfangsseitige Auswertung von Pilotsignalen ist ein Erfassen der Übertragungseigenschaften des zwischen der ersten und der zweiten Einheit angeordneten Übertragungsmediums mit geringem technischen und wirtschaftlichen Aufwand realisierbar. Insbesondere kann durch die Auswertung von empfangenen, frequenzselektiven Pilotsignalen die Übertragungsfunktion  $H(f)$  des Übertragungs-

mediums und insbesondere der Betrag der Übertragungsfunktion  $|H(f)|$  - Anspruch 5 - besonders einfach ermittelt werden.

5 Vorteilhaft ist der zumindest eine Subträger des Sendesignals zur Übermittlung des zumindest einen Pilotsignals durch ein Phasenmodulationsverfahren moduliert, wobei das Pilotsignal eine bestimmte Referenz-Amplitude aufweist - Anspruch 7. Durch diese vorteilhafte Ausgestaltung werden die für die Übermittlung von Pilotsignalen genutzten Subträger des Sendesignals zusätzlich - zumindest teilweise - für die Übermittlung von Nutzinformationen bzw. digitalen Datenströmen genutzt, so daß eine weitere Verbesserung der Ausnutzung der Übertragungsressourcen des Übertragungsmediums erreicht wird.

10 15 Bei einer großen Anzahl von Subträgern aufweisenden Sendesignalen weist das Übertragungsmedium für benachbarte Subträger quasi identische Übertragungsparameter auf. Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden für die Ermittlung der frequenzselektiven Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums die amplitudenspezifischen und/oder phasenspezifischen Übertragungseigenschaften benachbarter Subträger des ankommenden Sendesignals gemittelt - Anspruch 8. Durch die vorteilhafte Mittelwertbildung über die ermittelten Übertragungseigenschaften von mehreren im Frequenzbereich benachbart angeordneten Subträgern des Sendesignals wird die Zahl der Schätzwerte und damit die Genauigkeit der sendeseitigen Kanalschätzung zweidimensional erhöht, ohne daß die spektrale Distanz zu benachbarten Subträgern zu groß wird.

20 25 30 35 Bei schnellen zeitlichen Änderungen der Übertragungseigenschaften aufweisenden Übertragungsmedien bzw. bei zeitvarianten Übertragungsmedien werden gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zeitselektive, amplitudenspezifische und/oder zeitselektive, phasenspezifische Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums ermittelt, wobei mehrere über einen Zeitraum ermittelte frequenz-

selektive, amplitudenspezifische und/oder frequenzselektive, phasenspezifische Übertragungseigenschaften in der jeweiligen Einheit gespeichert und anschließend jeweils der Mittelwert über die gespeicherten frequenzselektiven, amplitudenspezifischen und/oder frequenzselektiven, phasenspezifischen Übertragungseigenschaften gebildet wird. Anschließend werden die frequenzspezifischen Subträger des Sendesignals an die zeitlich gemittelten Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums angepaßt - Anspruch 9. Durch die Mittelwertbildung über mehrere zeitlich hintereinander ermittelte, frequenzselektive Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums wird die erste Ableitung der zeitlichen Änderungen der Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums bei der Erfassung der Übertragungseigenschaften korrigiert und somit die Qualität der sendeseitigen Kanalschätzung und der sendeseitigen Kanalentzerrung weiter verbessert.

Vorteilhaft werden von der ersten Einheit die ermittelten, frequenzselektiven Übertragungseigenschaften an die zweite Einheit übermittelt und in der zweiten Einheit die frequenzspezifischen Subträger des weiteren Sendesignals an die übermittelten Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums angepaßt - Anspruch 10. Durch diese vorteilhafte Ausgestaltungsvariante werden die Übertragungseigenschaften des zwischen der ersten und der zweiten Einheit angeordneten Übertragungsmediums nur in einer Einheit ermittelt und das Ermittlungsergebnis in parametrisierter Form an die zweite Einheit übermittelt, wodurch der Aufwand für die Realisierung der sendeseitigen Kanalentzerrung sowohl in der ersten als auch in der zweiten Einheit gering gehalten wird.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird bei der Ermittlung der frequenzselektiven Übertragungseigenschaften das Signalleistung-zu-Rauschleistung-Verhältnis S/N für jeden Subträger des Sendesignals bestimmt und die Subträger in Abhängigkeit des jeweils ermittelten Signalleistung-zu-Rauschleistung-Verhältnisses S/N für die Übermittlung von In-

formationen (dsu, dsd) genutzt - Anspruch 14. Vorteilhaft wird einem unter einem Grenzwert gemessenen Signalleistung-zu-Rauschleistung-Verhältnis S/N der entsprechende Subträger nicht für die Übermittlung von Informationen genutzt - Anspruch 15. Durch die Deaktivierung der jeweils ein mangelhaftes Signalleistung-zu-Rauschleistung-Verhältnis S/N aufweisenden somit für eine Informationsübermittlung nicht nutzbaren Subträger kann die Sendeleistung der verbleibenden, für die Informationsübermittlung genutzten Subträger entsprechend erhöht werden. Durch die Erhöhung der Sendeleistung der für die Informationsübermittlung genutzten Subträger wird deren Bitfehlerwahrscheinlichkeit weiter reduziert.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind den weiteren Ansprüchen zu entnehmen.

Im folgendem wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand von zwei Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigen

FIG 1 eine zentrale, ein OFDM-Übertragungsverfahren realisierende Sende-/Empfangseinheit, und  
FIG 2 eine dezentrale, über das Übertragungsmedium "Funkkanal" mit einer zentralen Sende-/Empfangseinheit gemäß FIG 1 in Verbindung stehende und ein OFDM-Übertragungsverfahren realisierende Sende-/Empfangseinheit.

FIG 1 und FIG 2 zeigen jeweils in einem Blockschaltbild eine erste und zweite Sende- und Empfangseinheit SEE1,2, welche beispielsweise modulare Bestandteile von drahtlose Kommunikationsnetze realisierenden Sende- und Empfangsanlagen sein können. In diesem Ausführungsbeispiel ist die in FIG 1 dargestellte erste Sende-/Empfangseinheit SEE1 in einer das Zentrum einer Funkzelle bzw. eines Funkbereiches - nicht dargestellt - repräsentierenden Basisstation BS und die in FIG 2 dargestellte zweite Sende-/Empfangseinheit SSE2 in einer eine drahtlose Teilnehmeranschlußeinheit repräsentierenden, dezen-

tralen, drahtlosen Netzabschlußeinheit RNT angeordnet; in FIG 2 ist nur eine drahtlose Netzabschlußeinheit RNT stellvertretend für mehrere der Basisstation BS bzw. dem Funkbereich zugeordnete, dezentrale Netzabschlußeinheiten dargestellt. An 5 jede dezentrale, drahtlose Netzabschlußeinheit RNT ist zumindest eine dezentrale Kommunikationsendeinrichtung - nicht dargestellt - anschließbar, welche beispielsweise als Multimedia-Kommunikationsendgerät oder als ISDN-orientiertes Fernsprechendgerät ausgestaltet sein kann. Die dezentralen, 10 drahtlosen Netzabschlußeinheiten RNT bzw. die daran angeschlossenen, dezentralen Kommunikationsendgeräte sind über das drahtlose Übertragungsmedium "Funkkanal" mit einem an die Basisstation BS angeschlossenen, übergeordneten Kommunikationsnetz - beispielsweise einem ISDN-orientierten Festnetz 15 oder einem breitbandorientierten Multimedia-Kommunikationsnetz, nicht dargestellt - verbindbar.

Die in FIG 1 dargestellte erste Sende-/Empfangseinheit SEE1 weist einen Dateneingang ED auf, an welchen ein von dem übergeordneten Kommunikationsnetz an die dezentralen, drahtlosen Netzabschlußeinheiten RNT zu übermittelnder, digitaler, serieller Datenstrom dsd geführt ist. Der Dateneingang ED ist mit einem Eingang EO einer in der ersten Sende-/Empfangseinheit SEE1 angeordneten OFDM-Sendeeinheit SOB verbunden, in welcher ein bereits in der Beschreibungseinleitung erläutertes Verfahren zur Bildung eines n Subträger aufweisendes OFDM-Signals sd realisiert ist. Die OFDM-Sendeinheit SOB weist einen die n Subträger des OFDM-Signals sd modulierenden Modulator MOD auf, der über n Ausgänge AM1...n und n Verbindungsleitungen mit n frequenzselektiven, den n Subträgern des OFDM-Signals sd zugeordneten Eingängen EF1...n einer Transformationseinheit IFFT zur Durchführung einer Diskreten, Inversen "Fast-Fourier-Transformation" verbunden ist. Mit Hilfe der Transformationseinheit IFFT wird aus vom 30 Modulator MOD an die frequenzselektiven Eingänge EF1...n der Transformationseinheit IFFT geführten, subträger-spezifischen Modulationssymbolen bzw. Sendesymbolen ss1...n ein zeitdiskre- 35

tes OFDM-Signal erzeugt. In der OFDM-Sendeeinheit SOB sind weitere nicht dargestellte Einheiten - z.B. Parallel/Seriell-Wandler, Digital/Analog-Wandler, Filtereinheiten, Amplitudenbegrenzer - zur Umwandlung des zeitdiskreten OFDM-Signals in 5 das analoge OFDM-Signal  $sd$ , beispielsweise unter Einhaltung von durch ETSI-Normierung vorgegebenen, für drahtlose Kommunikationsnetze bzw. Mobilfunksysteme definierten Spektrumsmasken, angeordnet. Über einen Ausgang AO ist die OFDM-Sendeeinheit SOB mit einem Eingang EH einer Hochfrequenz-Sen-10 deeinheit HS verbunden, welche über einen Ausgang AH und über einen Antennenausgang AS der ersten Sende-/Empfangseinheit SEE1 an eine im Außenbereich der Basisstation BS angeordnete Sendeantenne SA angeschlossen ist. Durch einen in der Hochfrequenz-Sendeeinheit HS angeordneten Sendeverstärker - nicht 15 dargestellt - wird das analoge OFDM-Sendesignal  $sd$  verstärkt, in das Hochfrequenzband bzw. RF-Band gemischt und anschließend über die Sendeantenne SA und über das drahtlose Übertragungsmedium "Funkkanal" an die im Funkbereich der Basisstation BS angeordneten, dezentralen Netzabschlußeinheiten RNT 20 gesendet - auch als "Downstream"-Richtung bezeichnet.

Des Weiteren ist in der ersten Sende-/Empfangseinheit SEE1 eine OFDM-Empfangseinheit EOB angeordnet, welche über einen Eingang EO mit einem Ausgang AH einer Hochfrequenz-Empfangseinheit HE verbunden ist. Die Hochfrequenz-Empfangseinheit HE weist einen Eingang EH auf, welcher über einen Antenneneingang ES der ersten Sende-/Empfangseinheit SEE1 an eine im Außenbereich der Basisstation BS angeordnete Empfangsantenne EA angeschlossen ist. Durch in der Hochfrequenz-Empfangseinheit HE angeordnete Umwandlungsmittel - nicht dargestellt - wird ein von einer dezentralen Netzabschlußeinheit RNT an die Basisstation BS gesendetes und an der Empfangsantenne EA der Basisstation BS eingehendes OFDM-Signal  $su$  - auch als "Upstream"-Richtung bezeichnet - in das Zwischenfrequenzband, 25 bzw. in das Basisband heruntergemischt und anschließend an den Eingang EO der OFDM-Empfangseinheit EOB weitergeleitet. 30 35

In der OFDM-Empfangseinheit EOB ist eine mehrere frequenzselektive Ausgänge AF1...n aufweisende Transformationseinheit FFT zur Realisierung einer Diskreten "Fast-Fourier-Transformation" angeordnet, wobei jeder frequenzselektive Ausgang AF1...n einem Subträger des empfangenen OFDM-Signals zu zugeordnet ist. Mit Hilfe der durch die Transformationseinheit FFT realisierten "Fast-Fourier-Transformation" wird das empfangene und in das Zwischenfrequenzband, bzw. Basisband heruntergemischte OFDM-Signal zu - nach vorhergehender Diskretisierung und Digitalisierung mit Hilfe eines nicht dargestellten Analog/Digital-Wandlers - in den Frequenzbereich transformiert, d.h. es werden die im OFDM-Signal enthaltenen Modulationssymbole, bzw. Empfangssymbole es1...n der jeweiligen Subträger bestimmt und anschließend an die entsprechenden, frequenzselektiven Ausgänge AF1...n der Transformationseinheit FFT weitergeleitet. Die Ausgänge AF1...n der Transformationseinheit FFT sind über n Verbindungsleitungen mit n Eingängen EM1...n eines Demodulators DMOD verbunden. Aus den von der Transformationseinheit FFT an den Demodulator DMOD weitergeleiteten Empfangssymbolen es1...n werden mit Hilfe eines im Demodulator DMOD realisierten Demodulationsverfahrens die entsprechenden, über die jeweiligen Subträger übermittelten Empfangs-Codewörter bestimmt. Die bestimmten Empfangs-Codewörter werden anschließend mit Hilfe eines nicht dargestellten, der OFDM-Empfangseinheit EOB zugeordneten Parallel/Seriell-Wandlers in einen seriellen, digitalen Datenstrom deu umgewandelt, welcher über einen Datenausgang AD der ersten Sende-/Empfangseinheit SEE1 beispielsweise an das übergeordnete Kommunikationsnetz weitervermittelt wird.

Die gemäß FIG 2 in der dezentralen, drahtlosen Netzabschlußeinheit RNT angeordnete zweite Sende-/Empfangseinheit SEE2 weist eine OFDM-Empfangseinheit EON auf, welche über einen Eingang EO mit einem Ausgang AH einer in der zweiten Sende-/Empfangseinheit SEE2 angeordneten Hochfrequenz-Empfangseinheit HE verbunden ist. Die Hochfrequenz-Empfangseinheit HE ist über einen Eingang EH an eine im Außenbereich

der Netzabschlußeinheit RNT angeordnete Empfangsantenne EA angeschlossen. Durch in der Hochfrequenz-Empfangseinheit HE angeordnete Umwandlungsmittel - nicht dargestellt - wird das von der Basisstation BS an die Netzabschlußeinheit RNT gesendete und an der Empfangsantenne EA eingehende OFDM-Signal  $sd$  in das Zwischenfrequenzband, bzw. in das Basisband heruntergemischt und anschließend an den Eingang EO der OFDM-Empfangseinheit EON weitergeleitet. In der OFDM-Empfangseinheit EON ist eine mehrere frequenzselektive Ausgänge  $AF1\dots n$  aufweisende Transformationseinheit FFT zur Realisierung einer Diskreten "Fast-Fourier-Transformation" angeordnet, wobei jeder frequenzselektive Ausgang  $AF1\dots n$  einem Subträger des empfangenen OFDM-Signals  $sd$  zugeordnet ist. Mit Hilfe der durch die Transformationseinheit FFT realisierten "Fast-Fourier-Transformation" wird das empfangene und in das Zwischenfrequenzband, bzw. Basisband heruntergemischte OFDM-Signal  $sd$  - nach vorhergehender Diskretisierung und Digitalisierung mit Hilfe eines nicht dargestellten Analog/Digital-Wandlers - in den Frequenzbereich transformiert, d.h. es werden die im empfangenen OFDM-Signal  $sd$  enthaltenen Modulationssymbole, bzw. Empfangssymbole  $es1\dots n$  der jeweiligen Subträger bestimmt und anschließend an die entsprechenden, frequenzselektiven Ausgänge  $AF1\dots n$  der Transformationseinheit FFT weitergeleitet. Die  $n$  Ausgänge  $AF1\dots n$  der Transformationseinheit FFT sind über  $n$  Verbindungsleitungen mit  $n$  Eingängen  $EK1\dots n$  einer Kanalschätzungs-Einheit KS verbunden, welche über  $n$  Ausgänge  $AK1\dots n$  und  $n$  Verbindungsleitungen an entsprechende frequenzselektive Eingänge  $EM1\dots n$  eines in der OFDM-Empfangseinheit EON angeordneten Demodulators DMOD angeschlossen ist. Die von der Transformationseinheit FFT an die Kanal-Schätzungsseinheit KS übermittelten frequenzselektiven Empfangssymbole  $es1\dots n$  werden an die Eingänge  $EM1\dots n$  des Demodulators DMOD weitergeleitet. In der Kanal-Schätzungsseinheit KS sind erste Auswertemittel UF angeordnet, durch welche aus den an die Kanal-Schätzungsseinheit KS herangeführten Empfangssymbolen  $es1\dots n$  die frequenzselektiven, amplitudenspezifischen Übertragungskanal-Eigenschaften des Übertragungsme-

diums "Funkkanal" ermittelt werden, d.h. für jeden Subträger die durch das Übertragungsmedium "Funkkanal" verursachten, frequenzselektiven Amplitudenverzerrungen - auch als Amplitudengang oder Betrag der Übertragungsfunktion des Funkkanals 5  $|H(f)|$  bezeichnet - bestimmt werden. Des Weiteren werden durch weitere in der Kanal-Schätzungseinheit KS angeordnete Auswertemittel SN aus den herangeführten Empfangssymbolen  $esl...n$  für jeden Subträger das S/N-Verhältnis ermittelt. Aus dem ermittelten, frequenzselektiven Amplitudengang  $|H(f)|$  und 10 dem ermittelten frequenzselektiven S/N-Verhältnis wird durch in der Kanal-Schätzungseinheit KS angeordnete Signalerzeugungsmittel - nicht dargestellt - ein die Ermittlungsergebnisse übermittelndes Informationssignal is erzeugt, welches über einen Ausgang ASK der Kanal-Schätzungseinheit KS an 15 einen Steuerausgang SA der OFDM-Empfangseinheit EON weitergeleitet wird.

Die von der Kanal-Schätzungseinheit KS an den Demodulator DMOD weitergeleiteten, frequenzselektiven Empfangssymbole 20  $esl...n$  werden durch ein im Demodulator DMOD realisiertes Demodulationsverfahren in die über die jeweiligen Subträger übermittelten Empfangs-Codewörter umgewandelt. Aus den bestimmten Empfangs-Codewörtern werden anschließend mit Hilfe eines nicht dargestellten, der OFDM-Empfangseinheit EON 25 zugeordneten Parallel/Seriell-Wandlers ein serieller, digitaler Datenstrom ded gebildet, welcher über einen Ausgang AO der OFDM-Empfangseinheit EON an einen Datenausgang AS der zweiten Sende-/Empfangseinheit SEE2 geführt und anschließend beispielsweise an eine an die dezentrale Netzabschlußeinheit 30 RNT angeschlossene, dezentrale Ziel-Kommunikationsendeinrichtung - nicht dargestellt - übermittelt wird.

Der Steuerausgang SA der in der dezentralen Netzabschlußeinheit RNT angeordneten zweiten Sende-/Empfangseinheit SEE2 ist 35 über eine Verbindungsleitung VL mit einem Steuereingang SE einer in der zweiten Sende-/Empfangseinheit SEE2 angeordneten OFDM-Sendeeinheit SON verbunden, in welcher ein Verfahren zur

Bildung eines in Upstream-Richtung zu sendenden, n Subträger aufweisenden OFDM-Signals zu realisiert ist. Die OFDM-Sende-einheit SON ist über einen Eingang EO an einen Dateneingang ES der zweiten Sende-/Empfangseinheit SEE2 angeschlossen, an 5 welchen beispielsweise ein von einer dezentralen Kommunikationsendeinrichtung über das drahtlose Übertragungsmedium "Funkkanal" an das übergeordnete Kommunikationsnetz zu über-mittelnder, digitaler serieller Datenstrom dsu geführt ist. Der digitale, serielle Datenstrom dsu wird durch einen nicht 10 dargestellten, der OFDM-Sendeeinheit SON zugeordneten Seriell/Parallel-Wandler in n parallele Sub-Datenströme auf-geteilt bzw. parallelisiert, wobei jeder der n Sub-Daten- 15 ströme einem der n Subträger des OFDM-Signals zugeordnet ist. Die n parallelen Sub-Datenströme werden an einen in der OFDM-Sendeeinheit SON angeordneten und die n Subträger des OFDM-Signals os modulierenden Modulator MOD geführt, wobei die eingehenden n Sub-Datenströme durch ein im Modulator MOD rea-lisierte Modulationsverfahren in n frequenzselektive, d.h. 20 den n Subträgern des OFDM-Signals zu zugeordnete Modulations-symbole, bzw. Sendesymbole  $s_1 \dots s_n$  umgewandelt werden. Die gebildeten n frequenzselektiven Sendesymbole  $s_1 \dots s_n$  werden an n Ausgänge AK $1 \dots n$  des Modulators MOD weitergeleitet, der mit n frequenzselektiven, den n Subträgern des OFDM-Signals zu 25 zugeordneten Eingängen EE $1 \dots n$  einer Kanal-Entzerrer-Einheit EZ verbunden ist. Die Kanal-Entzerrer-Einheit EZ weist einen Steuereingang ESS auf, welcher an den Steuereingang SE der OFDM-Sendeeinheit SON angeschlossen und somit über die Verbindungsleitung VL mit dem Ausgang ASK der in der OFDM-Empfangseinheit EON angeordneten Kanal-Schätzungseinheit KS 30 verbunden ist.

Die Kanal-Entzerrer-Einheit EZ weist Mittel zur Anpassung der vom Modulator MOD gebildeten und an die Kanal-Entzerrer-Einheit EZ weitergeleiteten Sendesymbole  $s_1 \dots s_n$  an die in der 35 OFDM-Empfangseinheit EON ermittelten, frequenzselektiven, amplitudenspezifischen Übertragungskanal-Eigenschaften des Übertragungsmediums "Funkkanal" auf - auch als "Entzerrung

des Amplitudengangs" oder "Amplitudenentzerrung" bezeichnet - , d.h. die Amplituden der frequenzselektiven Sendesymbole  $ss1...n$  werden in Abhängigkeit von dem an den Steuereingang ESS übermittelten Informationssignal is korrigiert. Beispielsweise werden die frequenzselektiven Sendesymbole  $ss1...n$  mit dem Kehrwert des Betrags der ermittelten Übertragungsfunktion des Funkkanals - hier  $1/|H(f)|$  - multipliziert. Die  $n$  korrigierten, frequenzselektiven Sendesymbole  $ss'1...n$  werden an  $n$  Ausgänge  $AZ1...n$  der Kanal-Entzerrer-Einheit EZ weitergeleitet, welche mit entsprechenden  $n$  frequenzselektiven, den  $n$  Subträgern des OFDM-Signals su zugeordneten Eingängen  $EF1...n$  einer Transformationseinheit IFFT zur Durchführung einer Diskreten, Inversen "Fast-Fourier-Transformation" verbunden sind. Mit Hilfe der Transformationseinheit IFFT werden aus den von der Kanal-Entzerrer-Einheit EZ an die frequenzselektiven Eingänge  $EF1...n$  der Transformationseinheit IFFT weitergeleiteten, subträger-spezifischen und korrigierten Sendesymbolen  $ss'1...n$  ein zeitdiskrete OFDM-Signal berechnet. In der OFDM-Sendeeinheit SON sind weitere nicht dargestellte Einheiten - z.B. Parallel/Seriell-Wandler, Digital/Analog-Wandler, Filtereinheiten, Amplitudenbegrenzer - zur Umwandlung des zeitdiskreten OFDM-Signals in ein analoges OFDM-Sendesignals su, beispielsweise unter Einhaltung der bereits genannten ETSI-Spektrumsmasken, angeordnet. Über einen Ausgang AO ist die OFDM-Sendeeinheit SON mit einem Eingang EH einer Hochfrequenz-Sendeeinheit HS verbunden, welche über einen Ausgang AH und über einen Antennenausgang AS der zweiten Sende-/Empfangseinheit SEE2 an eine im Außenbereich der dezentralen Netzabschlußeinheit RNT angeordnete Sendeantenne SA angeschlossen ist. Durch einen in der Hochfrequenz-Sendeeinheit HF angeordneten Sendeverstärker - nicht dargestellt - wird das analoge OFDM-Sendesignal su verstärkt, in das Hochfrequenzband bzw. RF-Band gemischt und anschließend über die Sendeantenne SA und über das drahtlose Übertragungsmedium "Funkkanal" in Upstream-Richtung an die Basisstation BS gesendet.

Es sei angemerkt, daß das beschriebene Ausführungsbeispiel nur eine funktionale Beschreibung des erfindungsgemäßen Verfahrens darstellt, d.h. die im Ausführungsbeispiel beschriebene Ausgestaltung der ersten und zweiten Sende- 5 /Empfangseinheit SEE1,2 ist auch durch alternative Ausgestaltungsvarianten realisierbar. Beispielsweise können die jeweils in einer Sende-/Empfangseinheit SEE1,2 angeordneten Hochfrequenz-Sendeeinheit und -Empfangseinheit HS, HE durch eine Hochfrequenz-Umsetzereinheit - nicht dargestellt - 10 ersetzt werden, wobei die jeweiligen Sende- und Empfangswege mit Hilfe eines Schalters - nicht dargestellt - getrennt werden.

15 Im folgenden wird das erfindungsgemäße Verfahren zur maximalen Ausnutzung der durch das drahtlose Übertragungsmedium "Funkkanal" bereitgestellten Übertragungsressourcen näher erläutert.

20 Die in der ersten und zweiten Sende-/Empfangseinheit SEE1,2 angeordneten Hochfrequenz-Sende- und Empfangseinheiten HS, HE sind derart ausgestaltet, daß in Downstream- und Upstream-Richtung gesendete OFDM-Signale sd, su im Rahmen des TDD-Übertragungsverfahrens - Time Division Duplex - übermittelt werden. Beim TDD-Übertragungsverfahren werden die zwischen 25 der Basisstation BS und den drahtlosen, dezentralen Netzabschlußeinheiten RNT zu übermittelnde Informationen abwechselnd mit Hilfe von im gleichen Frequenzbereich ausgesendeten Signal-Bursts bestimmter zeitlicher Ausdehnung übermittelt. Dabei werden die in den Netzabschlußeinheiten RNT und in der 30 Basisstation BS angeordneten Sende-/Empfangseinheiten SEE1,2 abwechselnd in den Sende- und Empfangsbetrieb geschaltet. Bei Einsatz des TDD-Übertragungsverfahrens weist das drahtlose Übertragungsmedium "Funkkanal" reziproke Eigenschaften auf, d.h. mit Hilfe des von der Basisstation BS in Downstream-Richtung burstartig ausgesendeten und von einer dezentralen 35 Netzabschlußeinheit RNT empfangenen OFDM-Signals sd ist ein Ermitteln bzw. eine Schätzung der frequenzselektiven,

amplitudenspezifischen und/oder phasenspezifischen Übertragungskanaleigenschaften des Übertragungsmediums "Funkkanal" für das von der dezentralen Netzabschlußeinheit RNT in Upstream-Richtung zu übermittelnde OFDM-Signal zu möglich.

Gemäß einer ersten Ausgestaltungsvariante des erfindungsge-mäßen Verfahrens ist in dem in der OFDM-Sendeeinheit SOB der ersten Sende-/Empfangseinheit SEE1 angeordneten Modulator MOD 10 ein differentielles Phasen-Modulationsverfahren - Differential Phase Shift Keying - realisiert, beispielsweise ein 64-DPSK. Bei Anwendung eines differentiellen Modulationsverfahrens ist bei der anschließenden Demodulation in der entspre-chenden OFDM-Empfangseinheit EON bzw. in dem darin angeordne-15 ten Demodulator DMOD keine Trägerrückgewinnung des empfange-nen OFDM-Signals sd und keine exakte Rückgewinnung des Bittaktes erforderlich. Um ein empfangsseitiges Ermitteln der frequenzselektiven Übertragungseigenschaften des Übertra-gungsmediums "Funkkanal" - im folgenden auch als Kanalschät-20 zung bezeichnet - zu ermöglichen, ist der in der Basisstation BS angeordnete Modulator MOD derart ausgestaltet, daß eine bestimmte Anzahl der an den n-Ausgängen AM1...n des Modulators MOD anliegenden Sendesymbole ss1...n als Pilot-Symbole mit definierter Referenz-Amplitude ausgestaltet sind, d.h. ein 25 Teil der Subträger des in Downstream-Richtung zu übermittelnden OFDM-Signals sd wird zur Übermittlung jeweils eines Pilottones bzw. Pilotsignals mit definierter Referenz-Ampli-tude genutzt. Beispielsweise werden 10 % der zur Informati-30 onübermittlung nutzbaren Subträger des OFDM-Signals sd für die Übermittlung von Pilottonen genutzt.

Aus dem an der Empfangsantenne EA der Netzabschlußeinheit RNT eingehenden OFDM-Signal sd werden durch die in der OFDM-Empfangseinheit EON angeordnete Transformationseinheit FFT 35 die übermittelten Empfangssymbole es1...n der jeweiligen Subträger des empfangenen OFDM-Signals sd ermittelt und an die Kanal-Schätzungseinheit KS weitergeleitet. Durch die in

der Kanal-Schätzungseinheit KS angeordneten ersten Auswertemittel HF werden aus den an den Eingängen EK1...n anliegenden und als Pilotsymbole ausgestalteten Empfangssymbolen esl...n die frequenzselektiven, amplitudenspezifischen Übertragungseigenschaften, bzw. die frequenzselektiven Dämpfungs-eigenschaften des zwischen der Basisstation BS und der dezentralen, drahtlosen Netzabschlußeinheit RNT angeordneten Übertragungsmediums "Funkkanal" FK ermittelt, d.h. der Amplitudengang bzw. der Betrag der Übertragungsfunktion  $|H(f)|$  des Übertragungsmediums "Funkkanal" FK bestimmt. Die ermittelten Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums "Funkkanal" FK werden anschließend mit Hilfe des Informationssignals is über die Verbindungsleitung VL an den Steuereingang SE der in der dezentralen Netzabschlußeinheit RNT angeordneten OFDM-Sendeeinheit SON übermittelt. Des Weiteren werden in der OFDM-Empfangseinheit EON die von der Kanal-Schätzungseinheit KS an die n-Eingänge EM1...n des Demodulators DMOD weitergeleiteten Empfangssymbole esl...n mit Hilfe des im Demodulator DMOD realisierten, differentiellen bzw. inkohärenten Demodulationsverfahren in die über die jeweiligen Subträger des OFDM-Signals sd übermittelten Empfangscodewörter umgewandelt, aus welchen der an den Ausgang AS der zweiten Sende-/Empfangseinheit SEE2 geführte, serielle, digitale Datenstrom ded gebildet wird.

25 Erfindungsgemäß wird in Abhängigkeit der durch die OFDM-Empfangseinheit EON ermittelten und an die OFDM-Sendeeinheit SON weitergeleiteten Übertragungskanal-Eigenschaften des Übertragungsmediums "Funkkanal" das in Upstream-Richtung an die Basisstation BS zu sendende OFDM-Signal su erzeugt. Dazu wird der am Eingang EO der in der zweiten Sende-/Empfangseinheit SEE2 angeordneten OFDM-Sendeeinheit SON eingehende und an die Basisstation BS zu übermittelnde digitale, serielle Datenstrom dsu parallelisiert und mit Hilfe des Modulators MOD in die den n-Subträgern des OFDM-Signals zu geordneten Sendesymbole ss1...n umgewandelt. Die gebildeten Sendesymbole ss1...n werden an die n Eingänge EE1...n der Kanal-

30

35

Entzerrereinheit EZ weitergeleitet und durch die darin angeordneten Korrekturmittel 1/HF an die ermittelten, frequenzselektiven, amplitudenspezifischen Übertragungskanal-Eigenschaften des Übertragungsmediums "Funkkanal" FK angepaßt

5 - auch als sendeseitige Amplitudenentzerrung bezeichnet. Die durch die Korrektur-Mittel 1/HF realisierte, sendeseitige Amplitudenentzerrung erfolgt in der Art und Weise, daß die Sendesymbole  $s_{1...n}$  der einzelnen Subträger des OFDM-Signals su mit einem den Betrag der Inversen der ermittelten Übertragungsfunktion  $H_n(f)$  darstellenden Faktor - hier  $1/|H_n(f)|$  für  $0 \leq n \leq N-1$  - multipliziert wird, wobei n die Länge der in der Transformationseinheit IFFT realisierten Fourier-Transformation und  $H_n(f)$  die Übertragungsfunktion des des n-ten Subträgers des OFDM-Signals su darstellt.

15 Die beschriebene, erfindungsgemäße, sendeseitige, frequenzselektive Amplitudenentzerrung hat die Wirkung, daß alle Subträger des von der dezentralen Netzabschlußeinheit RNT in Upstream-Richtung an die Basisstation BS gesendeten OFDM-Signals su bei Eintreffen an der Empfangsantenne EA der Basisstation BS die gleichen Empfangspegel bzw. Signal-Amplitudenwerte aufweisen. Da alle Subträger des in der Basisstation BS empfangenen OFDM-Signals su die gleichen Empfangspegel aufweisen, ist das Signalleistung-zu-Rauschleistung-Verhältnis S/N für alle Subträger identisch. Somit sind alle Subträger sendeseitig, d.h. mit Hilfe der in der dezentralen Netzabschlußeinheit RNT angeordneten OFDM-Sende-einheit SON, bzw. mit Hilfe des dort angeordneten Modulators MOD mit der gleichen Modulations-Stufenzahl modulierbar, so

20 daß die maximale Ausnutzung der Übertragungsressourcen der einzelnen Subträger des OFDM-Signals su erreicht wird. Beispielsweise können bei nahe der Basisstation BS angeordneten, dezentralen Netzabschlußeinheiten RNT die einzelnen Subträger des in Upstream-Richtung an die Basisstation BS zu übermittelnden OFDM-Signals su mit Hilfe der 64-QAM - Quadratur Amplituden-Modulation - moduliert werden. Mit zunehmenden

25 Abstand der dezentralen Netzabschlußeinheit RNT zur Basis-

30

35

station BS, d.h. mit zunehmenden Dämpfungseigenschaften des Übertragungsmediums "Funkkanal" FK, wird die Modulations-Stufenzahl reduziert. Vorteilhaft ist aufgrund des identischen S/N-Verhältnisses des Subträger des in der Basisstation 5 BS empfangenen OFDM-Signals zu keine subträgerindividuelle Modulations-Stufenzahl zur Steuerung der Demodulation des empfangenen OFDM-Signals zu erforderlich, so daß vorteilhaft der Steueraufwand für die Modulation und Demodulation des OFDM-Signals zu minimal ist. Durch das Vermeiden einer sub-10 trägerindividuellen Modulations-Stufenzahl wird kein zusätzlicher Overhead für die Übermittlung von zusätzlichen, die subträgerindividuelle Modulation und Demodulation steuernde Steuerinformationen erzeugt, und somit eine Reduzierung der Übertragungskapazität des Übertragungsmediums "Funkkanal" 15 vermieden.

Alternativ kann anstelle einer Erhöhung der Modulations-Stufenzahl des in Upstream-Richtung zu sendenden OFDM-Signals zu die Sendeleistung des auszusendenden OFDM-Signals zu entsprechend reduziert werden. Die Absenkung der Sendeleistung kann beispielsweise in der Hochfrequenz-Sendeeinheit HS der dezentralen Netzabschlußeinheit RNT erfolgen. Durch die Absenkung der Sendeleistung wird die gegenseitige Störung der Subträger von innerhalb eines Funkbereiches gesendeter OFDM-Signale sd, 20 zu - auch als Inter Cell Interference ICI bezeichnet - minimiert und dadurch die Übertragungskapazität des innerhalb 25 eines Funkbereiches angeordneten Gesamtsystems gesteigert.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltungsvariante des 30 erfindungsgemäßen Verfahrens weist die Kanal-Schätzungseinheit KS der in der dezentralen Netzabschlußeinheit RNT angeordneten OFDM-Empfangseinheit EON weitere Auswertemittel SN zur Erfassung der subträgerindividuellen S/N-Verhältnisse der jeweiligen Subträger des empfangenen OFDM-Signals sd auf. Die 35 jeweils mit Hilfe der weiteren Auswertemittel S/N erfaßten, subträgerindividuellen S/N-Verhältnisse werden zusätzlich neben den erfaßten amplitudenspezifischen Übertragungseigen-

schaften H(f) des Übertragungsmediums FK mit Hilfe des Informationssignals is über die Verbindungsleitung VL an die in der dezentralen Netzabschlußeinheit RNT angeordnete OFDM-Sendeeinheit SON, bzw. an die dort angeordnete Kanal-Entzerrereinheit EZ übermittelt.

In der Kanal-Entzerrereinheit EZ sind weitere Korrekturmittel - hier nicht dargestellt - angeordnet, durch welche in Abhängigkeit der an den Steuereingang ESS übermittelten S/N-Verhältnisse diejenigen, ungünstige S/N-Verhältnisse aufweisende Subträger, bzw. diejenigen Subträger mit einem unter einem Grenzwert gemessenen S/N-Verhältnis deaktiviert und somit nicht für die Informationsübermittlung genutzt werden. Beispielsweise wird bei einen großen Abstand 10 zur Basisstation BS aufweisenden dezentralen Netzabschlußeinheiten RNT nur jeder zweite oder vierte Subträger des an die Basisstation BS zu sendenden OFDM-Signals zur Informationsübermittlung genutzt, wobei die Sendeleistung der für die Informationsübermittlung genutzten Subträger entsprechend 15 erhöht wird. Durch die Erhöhung der Sendeleistung der für die Informationsübermittlung genutzten Subträger wird die Bitfehlerwahrscheinlichkeit weiter reduziert. Deaktivierte Subträger des empfangenen OFDM-Signals können in der OFDM-Empfangseinheit EON, EOB durch eine einfache Amplitudenberechnung erkannt werden.

Da für die sendeseitige, in der dezentralen Netzabschlußeinheit RNT realisierte Ermittlung der frequenzselektiven, amplitudenspezifischen Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums "Funkkanal" FK nur die Auswertung des Amplitudenwertes der von der Basisstation BS an die dezentrale Netzabschlußeinheit RNT übermittelten Pilotensymbole bzw. Pilottöne durch die in der dezentralen Netzabschlußeinheit RNT angeordnete Kanal-Schätzungseinheit KS erforderlich ist, können die 30 Phaseninformationen der von der Basisstation BS an die dezentrale Netzabschlußeinheit RNT gesendeten Pilotensymbole bzw. Pilottöne des OFDM-Signale sd zusätzlich für die Übermittlung 35

der digitalen Informationen dsd genutzt werden. Die Pilotsymbole bzw. Pilottöne übermittelnden Subträger des OFDM-Signals sd können beispielsweise mit Hilfe eines absoluten oder differentiellen Phasenmodulationsverfahren mit definierter Referenz-Amplitude moduliert werden, wodurch eine vorteilhafte Ausnutzung Übertragungskapazität des Übertragungsmediums "Funkkanal" erreicht wird.

Vorteilhaft sind die in der Basisstation BS oder dezentralen 10 Netzabschlußeinheit RNT angeordneten OFDM-Sendeeinheiten SOB, SON, bzw. die dort angeordneten Modulatoren MOD derart ausgestaltet, daß die nicht für die Übermittlung von Pilottönen genutzten Subträger der OFDM-Signale sd, su im Rahmen eines kohärenten, bzw. absoluten Modulationsverfahrens, beispiels- 15 weise einer m-stufigen QAM, moduliert werden, da m-stufige QAM-Modulationsverfahren auch bei Übertragungsmedien mit ungünstigen S/N-Verhältnissen einsetzbar sind.

Bei Verwendung von kohärenten, m-stufigen Modulationsverfahren sind in den entsprechenden, in der Basisstation BS bzw. 20 in der dezentralen Netzabschlußeinheit RNT angeordneten OFDM-Empfangseinheiten EON, EOB zusätzliche Mittel - nicht dargestellt - zur gemäß dem Stand der Technik erforderlichen, empfangsseitigen Kanalschätzung, bzw. Kanalentzerrung, insbesondere zur Phasenentzerrung - d.h. Korrektur der Phasenlagen 25 - der jeweils empfangenen Subträger des empfangenen OFDM-Signals sd, su erforderlich. Um in einer OFDM-Empfangseinheit EON, EOB eine Korrektur der Phasenlagen der eingehenden Subträger zu ermöglichen, wird auf Seiten der OFDM-Sendeeinheit SOB, SON der erste Subträger des OFDM-Signals sd, su mit einer definierten Phase - z.B.  $\phi = 0$  Grad - gesendet. Durch das Übertragungsmedium "Funkkanal" FK wird die Phase des ersten Subträgers um beispielsweise  $\Delta\phi$  gedreht. Der dicht benachbart zum ersten Subträger angeordnete zweite Subträger 30 wird dabei ebenfalls um  $\Delta\phi$  gedreht. Um die ursprünglichen Phasenlagen des gesendeten OFDM-Signals sd, su wieder herzustellen, muß durch die in der OFDM-Empfangseinheit EON, EOB

angeordneten Korrekturmittel der zweite Subträger mit dem komplexen Faktor  $e^{-j\Delta\phi}$  multipliziert werden. Durch den über den ersten Subträger übermittelten Pilotton mit definierter Sendephase kann mit Hilfe der Korrekturmittel die durch das 5 Übertragungsmediums "Funkkanal" FK verursachte Phasenverschiebung  $\Delta\phi$  des ersten Subträgers erfaßt und die Phasenlage des benachbarten zweiten Subträgers des empfangenen OFDM-Signals entsprechend korrigiert werden. Nach der empfangsseitigen Korrektur der Phasenlage bzw. Phasenentzerrung werden 10 mit Hilfe des Demodulators die über den zweiten Subträger übermittelten Informationen entschieden. In Abhängigkeit des Entscheidungsergebnisses wird die Phasenverschiebung des zweiten Subträgers ermittelt. Mit der ermittelten Phasenverschiebung des zweiten Subträgers wird anschließend in 15 beschriebener Art und Weise die Phasenlage des dritten Subträgers korrigiert usw..

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens weist die in der Basisstation BS 20 angeordnete OFDM-Empfangseinheit EOB ebenfalls eine Kanalschätzungseinheit KS - nicht dargestellt - auf, durch welche die mit Hilfe des empfangenen OFDM-Signals zu übermittelten Empfangssymbole  $es1...n$  ausgewertet und daraus in beschriebener Art und Weise die frequenzselektiven, amplitudenspezifischen 25 Funkkanaleigenschaften des Übertragungsmediums "Funkkanal" FK ausgewertet und über eine nicht dargestellte Verbindungsleitung an eine weitere in der OFDM-Sendeeinheit SOB der Basisstation BS angeordnete Kanal-Entzerrereinheit - nicht dargestellt - übermittelt werden. Durch diese vorteilhafte Ausgestaltung können auch die von der Basisstation BS in Downstream-Richtung an die dezentralen Netzabschlußeinheiten RNT zu übermittelnden OFDM-Signale  $sd$  bzw. die darin enthaltenen Subträger an die Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums "Funkkanal" angepaßt werden. Durch die so realisierte 30 sendeseitige Entzerrung des Amplitudengangs sowohl in Downstream- als auch in Upstream-Richtung wird die Ausnutzung der Übertragungskapazität des Übertragungsmediums "Funkkanal" FK 35

weiter verbessert. Dies setzt jedoch die bereits beschriebene Verwendung eines Teils der Subträger des von der dezentralen Netzabschlußeinheit RNT an die Basisstation BS zu übermittelnden OFDM-Signalen zur Übermittlung von Piloten- 5 bzw. Pilottönen voraus. Vorteilhaft ist der in der OFDM-Sendeeinheit SON der dezentralen Netzabschlußeinheit RNT angeordnete Modulator MOD derart ausgestaltet, daß die für die Übermittlung von Piloten- und Pilottönen genutzten Subträger des OFDM-Signals mit Hilfe eines Phasenmodulationsverfahrens - 10 beispielsweise einem QPSK-Modulationsverfahrens - mit definiertener Referenz-Sendeamplitude moduliert werden. Durch die Verwendung der Phasenmodulation werden die in Upstream-Richtung übermittelten Piloten- und Pilottönen zumindest teilweise auch für die Übermittlung des digitalen Datenstroms 15 dsu genutzt.

Um die Genauigkeit der Kanalschätzung in der dezentralen Netzabschlußeinheit RNT und eventuell in der Basisstation BS zu erhöhen, können die jeweils Pilottöne bzw. Piloten- 20 und Pilottönen übermittelnden Subträger eines OFDM-Signals sd, dsu mit erhöhter Leistung übermittelt werden.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltungsvariante wird die sendeseitige Kanalschätzung nur durch die in der dezentralen Netzabschlußeinheit RNT angeordnete Kanalschätzungseinheit KS durchgeführt und anschließend die ermittelten, frequenzselektiven, amplitudenspezifischen Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums "Funkkanal" in parametrisierter Form an die Basisstation BS bzw. an die dort angeordnete OFDM-Sendeeinheit SOB übermittelt. Durch eine in der OFDM-Sendeeinheit SOB der Basisstation BS angeordnete Kanal-Entzerrereinheit - 25 nicht dargestellt - erfolgt mit Hilfe der übermittelten, parametrisierten Übertragungseigenschaften die sendeseitige Entzerrung des Amplitudengangs der Subträger des von der Basisstation BS in Downstream-Richtung zu übermittelnden OFDM-Signals sd.

Vorteilhaft werden nur die zeitlichen Änderungen der Übertragungseigenschaften an die Basisstation BS übermittelt und somit der Overhead bei der Übermittlung der Übertragungseigenschaften minimiert.

5

Bei einer großen Anzahl von Subträgern aufweisenden OFDM-Signalen sd, so weist das Übertragungsmedium "Funkkanal" FK für benachbarte Subträger praktisch identische Übertragungseigenschaften auf. Vorteilhaft werden für die in einer OFDM-10 Empfangseinheit EON, EOB durchgeführte, sendeseitige Kanalschätzung neben den direkt benachbarten Subträgern auch die im Frequenzbereich daran angrenzenden Subträger für die Ermittlung der frequenzselektiven Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums berücksichtigt, d.h. es wird eine 15 Mittelwertbildung über ermittelte Übertragungseigenschaften von mehreren, im Frequenzbereich benachbart angeordneten Subträgern durchgeführt. Die Mittelwertbildung hat den Vorteil, daß die Zahl der Schätzwerte und damit die Genauigkeit der sendeseitigen Kanalschätzung zweidimensional erhöht wird, 20 ohne daß die spektrale Distanz zu benachbarten Subträgern zu groß wird.

Bei schnellen zeitlichen Änderungen aufweisenden Funkkanälen - auch als zeitvariante Übertragungskanäle bzw. Funkkanäle 25 bezeichnet - werden gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens auch die zeitlich nachfolgenden, d.h. die innerhalb eines bestimmten Zeitraums an der Empfangsantenne EA eingehenden OFDM-Signale bzw. die darin enthaltenen Empfangssymbole es1...n bei der in der Kanalschätzungseinheit KS realisierten Kanalschätzung berücksichtigt. Für die Realisierung dieser Ausgestaltungsvariante ist 30 ein Speichern der zeitlich hintereinander empfangenen Empfangssymbole es1...n oder ein Speichern der jeweils ermittelten, frequenzselektiven Übertragungseigenschaften in einem 35 in der ersten oder zweiten Sende-/Empfangseinheit SEE1, 2 angeordneten Speicher - nicht dargestellt - erforderlich. Durch die Mittelwertbildung über mehrere, jeweils einem

Subträger zugehörigen und zeitlich hintereinander empfangenen Empfangssymbole  $esl_{1\dots n}$  im Rahmen der in der Kanal-Schätzungs-  
einheit KS durchgeführten, sendeseitigen Kanalschätzung wird  
die erste Ableitung der zeitlichen Änderungen der Übertra-  
5 gungseigenschaften des Übertragungsmediums "Funkkanal" FK bei  
der Erfassung der Übertragungseigenschaften korrigiert. Vor-  
teilhaft werden die im Frequenzbereich symmetrisch um den  
aktuellen Subträger angeordneten Subträger, bzw. die über  
diesen Subträger übermittelten Empfangssymbole  $esl_{1\dots n}$  bei der  
10 Mittelwertbildung berücksichtigt. Alternativ kann die Mittel-  
wertbildung auch in der Kanal-Entzerrereinheit EZ der OFDM-  
Sendeeinheit SON erfolgen.

Die in der Kanalschätzungseinheit KS mit Hilfe der Auswerte-  
15 mittel  $H(f)$  durchgeführte Ermittlung der frequenzselektiven, amplitudenspezifischen Übertragungseigenschaften des Übertra-  
gungsmediums "Funkkanal" FK - auch als Berechnung der Amplitudenschätzwerte bezeichnet - ist relativ aufwendig. Für die  
Berechnung der Amplitudenwerte aller empfangenen Empfangssym-  
20bole  $esl_{1\dots n}$  eines OFDM-Signals sd erfolgt im Rahmen der  
Berechnungsvorschrift

$$\sqrt{I^2 + Q^2} = Amplitude$$

25 wobei I den Imaginärteil und Q den Realteil eines empfange-  
nen, komplexen Empfangssymbols  $esl_{1\dots n}$  darstellt. Die Berech-  
nung der jeweiligen frequenzselektiven Amplitudenschätzwerte  
kann zumindest teilweise seriell durchgeführt werden, so daß  
der technische Aufwand bzw. Hardware-Aufwand für die Berech-  
30 nung der Amplitudenschätzwerte gering gehalten wird.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung erfolgt die Berech-  
nung der Amplitudenschätzwerte aus den jeweils empfangenen,  
frequenzselektiven Empfangssymbolen  $esl_{1\dots n}$  mit Hilfe von in  
35 einer als "look-up-table" bezeichneten Tabelle gespeicherten  
Werten. Dazu werden die jeweils möglichen Empfangswerte des  
Imaginärteils I und des Realteils Q eines Empfangssymbols

es1...n zu einer Tabellenadresse zusammengefaßt und in der look-up-table gespeichert. Des Weiteren wird jeder gespeicherten Tabellenadresse der zugehörige Korrekturfaktor - hier  $1/|H_n(f)|$  - zugeordnet und in dem entsprechenden Tabelleneintrag gespeichert. Die den jeweiligen Tabellenadressen zugeordneten Korrekturfaktoren repräsentieren diejenigen Werte, mit denen die jeweiligen Sendesymbole ss1...n des auszusendenden OFDM-Signals sd, multipliziert werden. Vorteilhaft werden der Umfang bzw. die Anzahl der Einträge der look-up-table gering gehalten, wenn diese auf einen Quadranten der komplexen Ebene beschränkt wird, wobei Sendesymbole ss1...n mit negativen Imaginär- und Realteil-Werten vor der sendeseitigen Amplituden-Entzerrung invertiert werden.

15 Gemäß einer weitere vorteilhaften Ausgestaltung wird die Multiplikation der Subträger bzw. der über die Subträger zu übermittelnden Sendesymbole ss1...n mit dem ermittelten Korrekturfaktor - hier  $1/|H_n(f)|$  durch eine Addition bzw. Subtraktion mit ebenfalls in einer look-up-table gespeicherten Werten realisiert. Durch diese vorteilhafte Ausgestaltung wird der Rechenaufwand für die Korrektur der Sendesymbole bei der Amplitudenentzerrung weiter reduziert.

20

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Übermitteln von Informationen über ein bestimmte Übertragungseigenschaften aufweisendes Übertragungsmedium mit Hilfe eines Multiträgerverfahrens, bei dem von einer ersten Einheit die zu übermittelnden Informationen durch ein mehrere frequenzspezifische Subträger aufweisendes Sendesignal über das Übertragungsmedium an eine zweite Einheit übermittelt werden,  
5 **dadurch gekennzeichnet,**  
daß in der ersten Einheit (RNT)
  - frequenzselektive Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums (FK) ermittelt werden, und
  - die frequenzspezifischen Subträger des Sendesignals (su) an10 die ermittelten, frequenzselektiven Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums (FK) angepaßt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
20 daß in der zweiten Einheit (BS)
  - die frequenzselektiven Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums (FK) ermittelt werden, und
  - frequenzspezifische Subträger eines weiteren mit Hilfe eines Multiträgerverfahrens gebildeten und von der zweiten25 an die erste Einheit (BS, RNT) übermittelten Sendesignals (sd) an die ermittelten, frequenzselektiven Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums (FK) angepaßt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
30 daß als Übertragungseigenschaften die frequenzselektiven amplitudenspezifischen und/oder frequenzselektiven phasenspezifischen Eigenschaften des Übertragungsmediums (FK) ermittelt werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
daß im Rahmen der Bestimmung der Übertragungseigenschaften  
des Übertragungsmediums (FK) die Übertragungsfunktion  $H(f)$   
5 des Übertragungsmediums (FK) ermittelt wird.
  
5. Verfahren nach Anspruch 4,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
daß die amplitudenspezifischen Übertragungseigenschaften des  
10 Übertragungsmediums (FK) durch den Betrag der ermittelten  
Übertragungsfunktion  $|H(f)|$  repräsentiert werden.
  
6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
15 daß die frequenzselektiven Übertragungseigenschaften mit  
Hilfe des über das Übertragungsmedium (FK) an die erste bzw.  
zweite Einheit (RNT, BS) übermittelten Sendesignals (sd, su)  
ermittelt werden, wobei zumindest ein Subträger des Sende-  
signals (sd, su) zur Übermittlung zumindest eines Pilot-  
20 signals genutzt wird.
  
7. Verfahren nach Anspruch 6,  
**dadurch gekennzeichnet**,  
daß der zumindest eine Subträger des Sendesignals (sd, su)  
25 zur Übermittlung des zumindest einen Pilotsignals durch ein  
Phasenmodulationsverfahren moduliert ist, wobei das Pilot-  
signal eine bestimmte Referenz-Amplitude aufweist.
  
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 7,  
30 **dadurch gekennzeichnet**,  
daß für die Ermittlung der frequenzselektiven Übertragungs-  
eigenschaften des Übertragungsmediums (FK) die amplituden-  
spezifischen und/oder phasenspezifischen Übertragungseigen-  
schaften benachbarter Subträger des ankommenden Sendesignals  
35 (sd, su) gemittelt werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 8  
**dadurch gekennzeichnet,**

- daß zeitselektive, amplitudenspezifische und/oder zeitselektive phasenspezifische Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums (FK) ermittelt werden, wobei mehrere über einen Zeitraum ermittelte, frequenzselektive, amplitudenspezifische und/oder frequenzselektive, phasenspezifische Übertragungseigenschaften in der jeweiligen Einheit (RNT, BS) gespeichert und anschließend jeweils der Mittelwert über die gespeicherten frequenzselektiven, amplitudenspezifischen und/oder frequenzselektiven, phasenspezifischen Übertragungseigenschaften gebildet wird,
- daß die Subträger des zu übermittelnden Sendesignals (su, sd) an die zeitlich gemittelten Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums (FK) angepaßt werden.

10. Verfahren nach Anspruch 1 und einem der Ansprüche 3 bis 9,

**dadurch gekennzeichnet,**

- daß von der ersten Einheit (RNT) die ermittelten frequenzselektiven Übertragungseigenschaften an die zweite Einheit (BS) übermittelt werden, und
- daß in der zweiten Einheit (BS) die frequenzspezifischen Subträger des weiteren Sendesignals (sd) an die übermittelten Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums (FK) angepaßt werden.

11. Verfahren nach Anspruch 10,

**dadurch gekennzeichnet,**

- daß von der ersten Einheit (RNT) nur die zeitlichen Änderungen der Übertragungseigenschaften an die zweite Einheit (BS) übermittelt werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 11,

**dadurch gekennzeichnet,**

- daß im Rahmen der Anpassung des Sendesignals (su, sd) an die Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums (FK) die

Subträger des Sendesignals (su, sd) mit der Inversen der ermittelten Übertragungsfunktion  $1/H(f)$  oder mit der Inversen des Betrages der ermittelten Übertragungsfunktion  $1/|H(f)|$  multipliziert werden.

5

13. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die zwischen der ersten und zweiten Einheit (RNT, BS) übermittelten Sendesignale (su, sd) im Rahmen eines Zeit-  
10 multiplex-Duplex-Übertragungsverfahrens TDD übermittelt werden.

14. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,

15 - daß bei der Ermittlung der frequenzselektiven Übertragungseigenschaften das Signalleistung-zu-Rauschleistung-Verhältnis S/N für jeden Subträger des Sendesignals (su, sd) bestimmt wird, und  
- daß die Subträger des Sendesignals (su, sd) in Abhängigkeit  
20 des jeweils ermittelten Signalleistung-zu-Rauschleistung-Verhältnisses S/N für die Übermittlung von Informationen (dsu, dsd) genutzt werden.

15. Verfahren nach Anspruch 14,

25 **dadurch gekennzeichnet**, daß bei einem unter einem Grenzwert gemessenen Signalleistung-zu-Rauschleistung-Verhältnis S/N der entsprechende Subträger nicht für die Übermittlung von Informationen (dsu, dsd) genutzt wird.

30

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß alle nicht für die Übermittlung von Pilotsignalen genutzten Subträger des Sendesignals (su, sd) mit der gleichen  
35 Modulations-Stufenzahl moduliert werden, wobei die Modulations-Stufenzahl durch das ermittelte Störleistung-zu-Nutz-

leistung-Verhältnis S/N des Übertragungsmediums (FK) bestimmt ist.

17. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,

5 **dadurch gekennzeichnet,**

daß das Multiträgerverfahren durch ein OFDM-Übertragungsverfahren - Orthogonal Frequency Division Multiplexing - oder durch ein auf diskrete Multitöne - DMT - basierendes Übertragungsverfahren realisiert ist.

10

18. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß das Übertragungsmedium (FK) als drahtloser Funkkanal oder leitungs- oder drahtgebundener Übertragungskanal ausgestaltet 15 ist.

19. Verfahren nach Anspruch 18,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Informationen über Energieversorgungsleitungen über- 20 mittelt werden.

20. Kommunikationsanordnung zum Übermitteln von Informationen über ein zwischen einer ersten und zweiten Einheit angeordneten und bestimmte Übertragungseigenschaften

25 aufweisendes Übertragungsmedium,

mit in der ersten Einheit angeordneten

- Umwandlungsmittel zur Umwandlung der zu übermittelnden Informationen in ein mehrere frequenzspezifische Subträger aufweisendes Sendesignal mit Hilfe eines

30 Multiträgerverfahrens, und

- Sendemittel zum Übermitteln des Sendesignals über das Übertragungsmedium an die zweite Einheit,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß in der ersten Einheit (RNT)

35 - Auswertemittel (KS) zur Ermittlung von frequenzselektiven Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums (FK), und

- Anpassungsmittel (EZ) zur Anpassung der frequenzspezifischen Subträger des Sendesignals (su) an die ermittelten, frequenzselektiven Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums (FK)

5 angeordnet sind.

21. Kommunikationsanordnung nach Anspruch 20,  
**dadurch gekennzeichnet,**

daß in der zweiten Einheit (BS)

- 10 - Umwandlungsmittel (SOB) zur Umwandlung der zu übermittelnden Informationen (dsd) in ein weiteres, mehrere frequenzspezifische Subträger aufweisendes Sendesignal (sd) mit Hilfe eines Multiträgerverfahrens,
- Auswertemittel zur Ermittlung der frequenzselektiven
- 15 Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums (FK),
- Anpassungsmittel zur Anpassung der frequenzspezifischen Subträger des weiteren Sendesignals (sd) an die ermittelten, frequenzselektiven Übertragungseigenschaften des Übertragungsmediums (FK), und
- 20 - Sendemittel (HS) zum Übermitteln des Sendesignals (sd) über das Übertragungsmedium (FK) an die erste Einheit (RNT) angeordnet sind.

22. Kommunikationsanordnung nach Anspruch 20 oder 21,  
**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Auswertemittel (KS) derart ausgestaltet sind, daß als Übertragungseigenschaften die frequenzselektiven amplitudenspezifischen und/oder frequenzselektiven phasenspezifischen Eigenschaften des Übertragungsmediums (FK) ermittelt werden.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

1/2

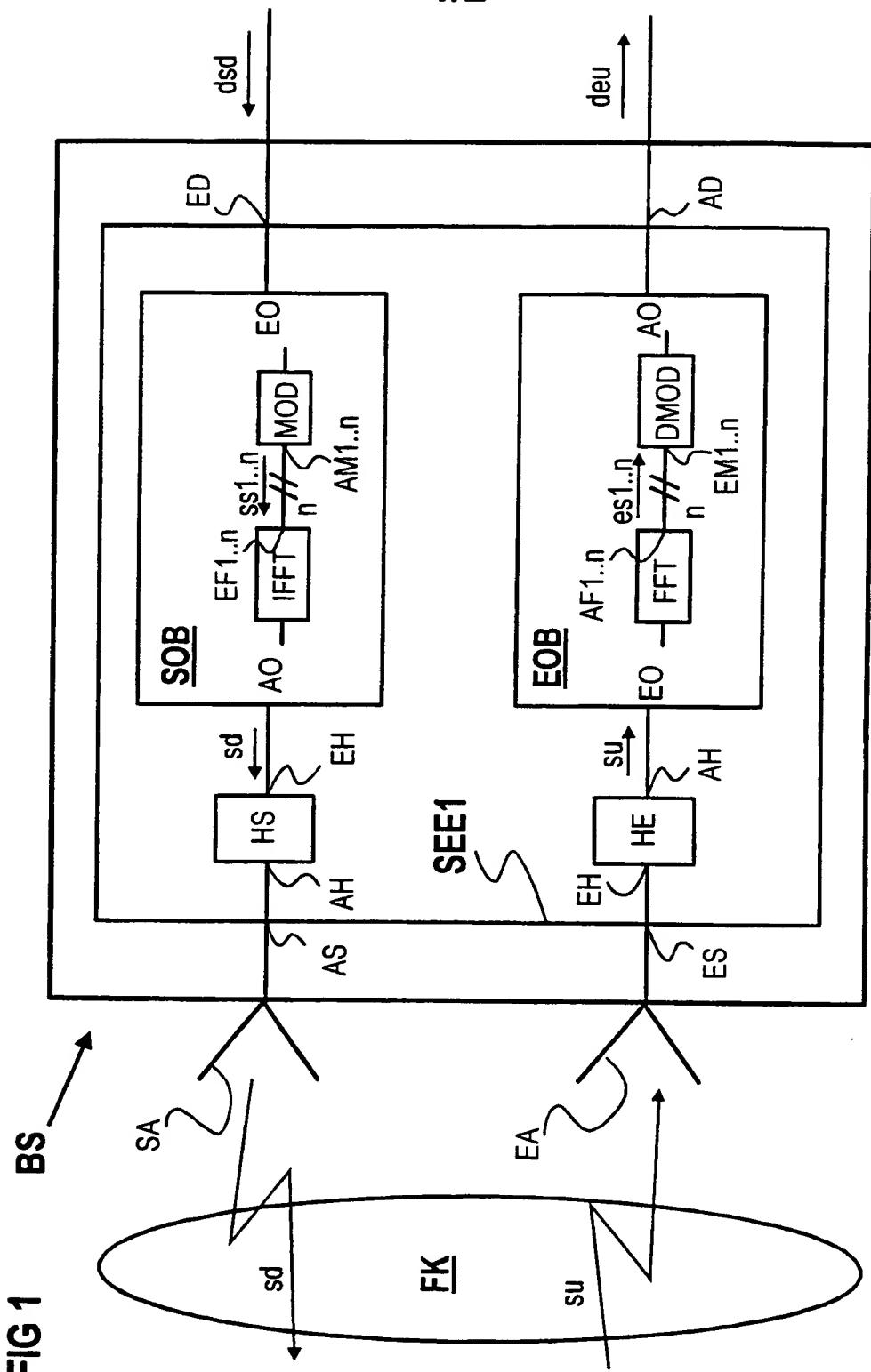


FIG 1

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

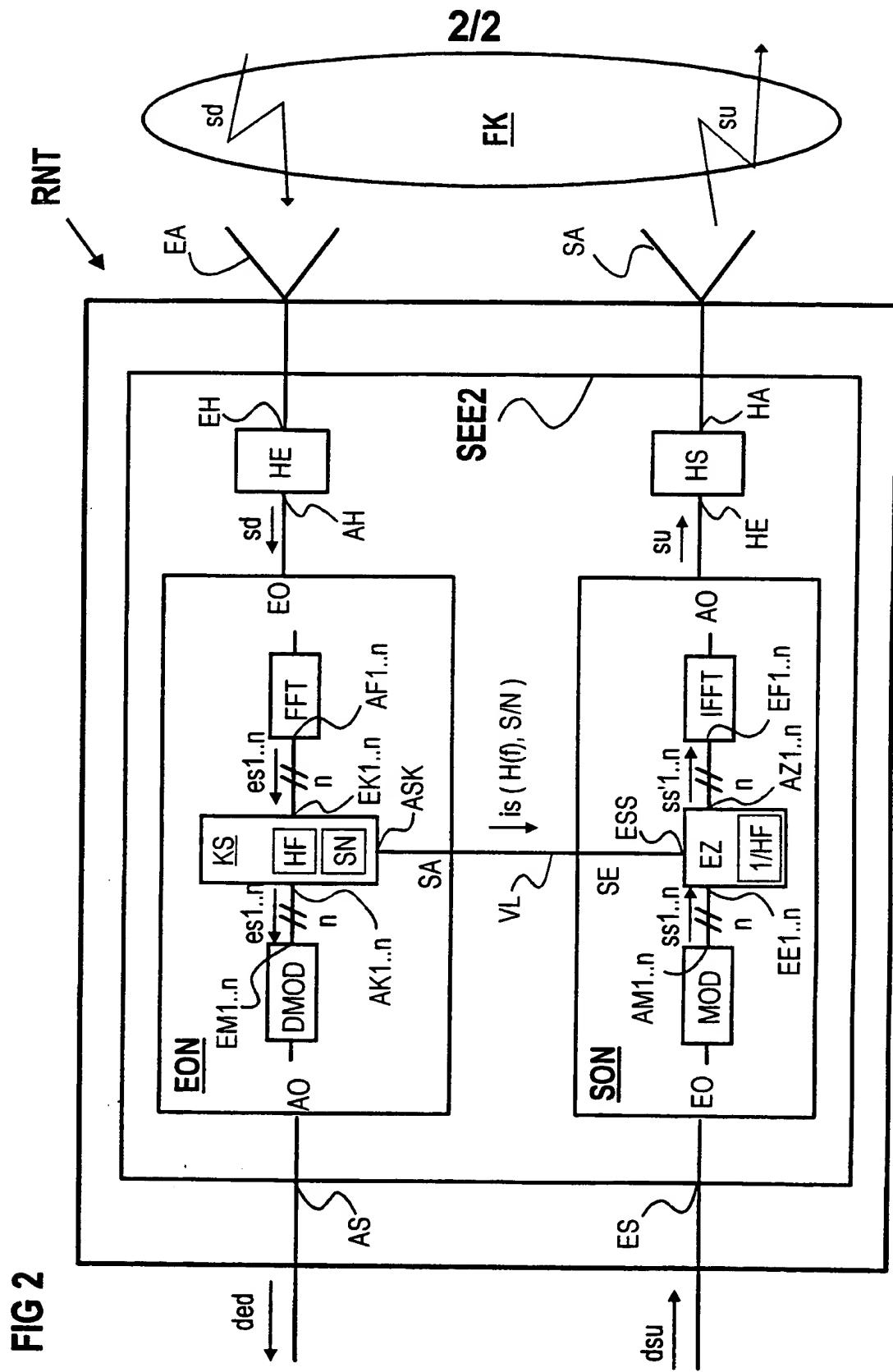


FIG 2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 99/03865

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H04B17/00 H04L27/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04L H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No.               |
|----------|--|-------------------------------------|
| X        | <p>US 5 673 290 A (CIOFFI JOHN)<br/>30 September 1997 (1997-09-30)</p> <p>* Abstract *</p> <p>column 2, line 37 -column 3, line 35<br/>column 7, line 28 -column 8, line 26<br/>figures 5,6</p> <p>----</p> <p>-/-</p> | 1-5,7,<br>11,12,<br>14,15,<br>17-22 |



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 May 2000

Date of mailing of the international search report

25/05/2000

## Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

## Authorized officer

López Márquez, T

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 99/03865

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|----------|---|-----------------------|
| X        | <p>CZYLWIK A: "COMPARISON BETWEEN ADAPTIVE OFDM AND SINGLE CARRIER MODULATION WITH FREQUENCY DOMAIN EQUALIZATION"<br/>           IEEE VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE, US, NEW YORK, IEEE, vol. CONF. 47, 1997, pages 865-869, XP000736731 ISBN: 0-7803-3660-7<br/>           page 865, left-hand column, line 1 -page 867, left-hand column, line 7<br/>           figure 1</p> <p>—</p> | 1-5, 11,<br>12, 17-22 |
| A        | <p>GB 2 300 546 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD) 6 November 1996 (1996-11-06)<br/>           * Abstract *<br/>           page 5, line 5 -page 6, line 21</p> <p>—</p>   | 1-5, 14,<br>15        |
| A        | <p>WO 97 01900 A (ERICSSON AUSTRIA AG ; PFIEFFER JOHANN (AT)) 16 January 1997 (1997-01-16)<br/>           * Abstract *<br/>           claim 1; figure 1</p> <p>—</p>  | 1, 13                 |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 99/03865

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) |               |               | Publication date                       |
|--|------------------|-------------------------|---------------|---------------|--|
| US 5673290                             | A 30-09-1997     | US 5519731 A            | AU 691919 B   | AU 2389395 A  | 21-05-1996<br>28-05-1998<br>10-11-1995 |
|  |                  | CA 2187753 A            | CN 1149360 A  | EP 0755601 A  | 26-10-1995<br>07-05-1997               |
|  |                  | FI 964038 A             | JP 10503624 T | JP 10503624 T | 29-01-1997<br>09-10-1996<br>31-03-1998 |
|  |                  | WO 9528773 A            |               |               | 26-10-1995                             |
| GB 2300546                             | A 06-11-1996     | KR 155818 B             | JP 8307385 A  | US 5832387 A  | 16-11-1998<br>22-11-1996<br>03-11-1998 |
| WO 9701900                             | A 16-01-1997     | AT 108795 A             | AU 707189 B   | AU 5991096 A  | 15-10-1999<br>08-07-1999<br>30-01-1997 |
|  |                  | CA 2225754 A            | EP 0843927 A  | JP 11508425 T | 16-01-1997<br>27-05-1998<br>21-07-1999 |

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**